

Datación de yacimientos paleontológicos de la cuenca de Guadix-Baza (sector de Cúllar-Baza, Granada, España) y primera estimación de la edad de la apertura de la cuenca mediante el método de racemización de aminoácidos

Dating of Guadix-Baza basin (Cúllar-Baza area, Granada, Spain) palaeontological sites and first estimation of the age of the basin opening based on the aminoacid racemization method

J.E. Ortiz (*), T. Torres (*), J.F. Llamas (**), L. Canoira (**), P. García-Alonso (*), M.A. García de la Morenà (*) y M. Lucini (*)

(*) Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular. E.T.S. Ingenieros de Minas de Madrid, C/Ríos Rosas 21, 28003-Madrid; e-mail: museo@minas.upm.es

(**) Dpto Ingeniería Química. E.T.S. Ingenieros de Minas de Madrid, C/Ríos Rosas 21, 28003-Madrid

ABSTRACT

New amino acid racemization dating data from four Guadix-Baza basin (Cúllar-Baza area) localities are presented. The former mathematical algorithms were improved to new ones based on palaeomagnetic data from the basin. D/L isoleucine and D/L leucine racemization ratios were employed because they show the highest reliability for old sites dating. The palaeontological localities: Venta Micena, Huéscar-1, Cúllar Baza-1 and Fuente Amarga-1 were dated as well as a fluvial terrace linked to the beginning of the opening of the basin at the end of Middle Pleistocene times. For dating analysis, Ostracoda, using their equivalent ratios, and Gastropoda shells have been used.

Key words: dating, amino acid racemization, Pleistocene, Ostracoda, Gastropoda, Guadix-Baza basin

Geogaceta, 28 (2000), 109-112

ISSN: 0213683X

Introducción

El empleo del método de racemización de aminoácidos como herramienta geocronológica se ha revelado como un excelente sistema para poder datar depósitos cuaternarios tanto continentales como marinos. Por lo general el alcance de este método sobrepasa el millón de años, pudiendo llegar bajo ciertas condiciones hasta los 3 Ma, aunque, depende de varios factores (temperatura, latitud, ...). En la Península Ibérica el límite del método está sobre los 1,4 millones de años.

Asimismo presenta la particularidad de que se requiere una mínima cantidad de material (un máximo 80 mg) para poder realizar análisis. Además existe una amplia gama de materiales que contienen aminoácidos y, por tanto, son susceptibles de analizar: moluscos, foraminíferos y ostrácodos entre otros.

Sin embargo el método de racemización de aminoácidos no proporciona dataciones absolutas, aunque si se calibra con métodos radiogénicos, como el U/Th y/o el paleomagnetismo, permitirá obtener edades numéricas en años de racemización de aminoácidos (aar).

En el Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular de la ETSIMM se definieron algoritmos de cálculo de edades para la zona central de la Península Ibérica (Torres *et al.* 1994 a, b, 1995 a, b, c, 1997a, b) a partir de los ratios de racemización de cinco aminoácidos (leucina, ácido aspártico, fenilalanina, ácido glutámico y allo/ isoleucina). Para realizar esta calibración se tomaron moluscos de agua dulce provenientes de terrazas travertínicas datadas radiométricamente (U/Th-Instituto de Ciencias de la Tierra, CSIC) de la zona de Priego, cf. Torres *et al.* (1994a) y para el cálculo de la racemización inducida por el método, se prepararon y analizaron muestras de gasterópodos vivos. Se emplearon también datos de tres muestras del ejercicio interlaboratorio de comparación (ILC) de Wehmiller (1984) que consistieron en moluscos marinos (*Mercenaria* sp y *Saxidomus* sp) procedentes de Norte América de ca. 100 ka, 250 ka y 1 Ma.

Recientemente Ortiz (2000) presentó las ecuaciones de dos de estos algoritmos (leucina y allo/isleucina), y que han demostrado ser los más adecuados (Torres *et al.*, en prensa) empleando muestras con una edad de ca. 780 ka datadas mediante

paleomagnetismo, que permitieron sustituir ventajosamente las del ejercicio de interlaboratorio de Wehmiller (1984), que se emplearon en su momento para tener las aproximaciones de edades más antiguas. Los resultados fueron:

para la leucina

$$\sqrt{t} = 0.77336 + 12.451 \times 1_n \left(\frac{1 + D/L}{1 - D/L} \right)$$

para la allo/isleucina

$$\sqrt{t} = 0.99155 + 14.298 \times 1_n \left(\frac{0.565}{0.565 - \left(\frac{D/L}{1 + D/L} \right)} \right)$$

También Ortiz (2000) estableció ecuaciones que relacionaban los ratios D/L de la leucina y allo/isleucina (fueron las únicas relaciones en las que se obtuvo un coeficiente de correlación muy alto y significativo) de ostrácodos y gasterópodos con el fin de poder obtener edades a partir de muestras en las que aparecen ostrácodos, ya que hasta la fecha únicamente se habían calculado los algoritmos matemáticos que relacionaban los ratios D/L

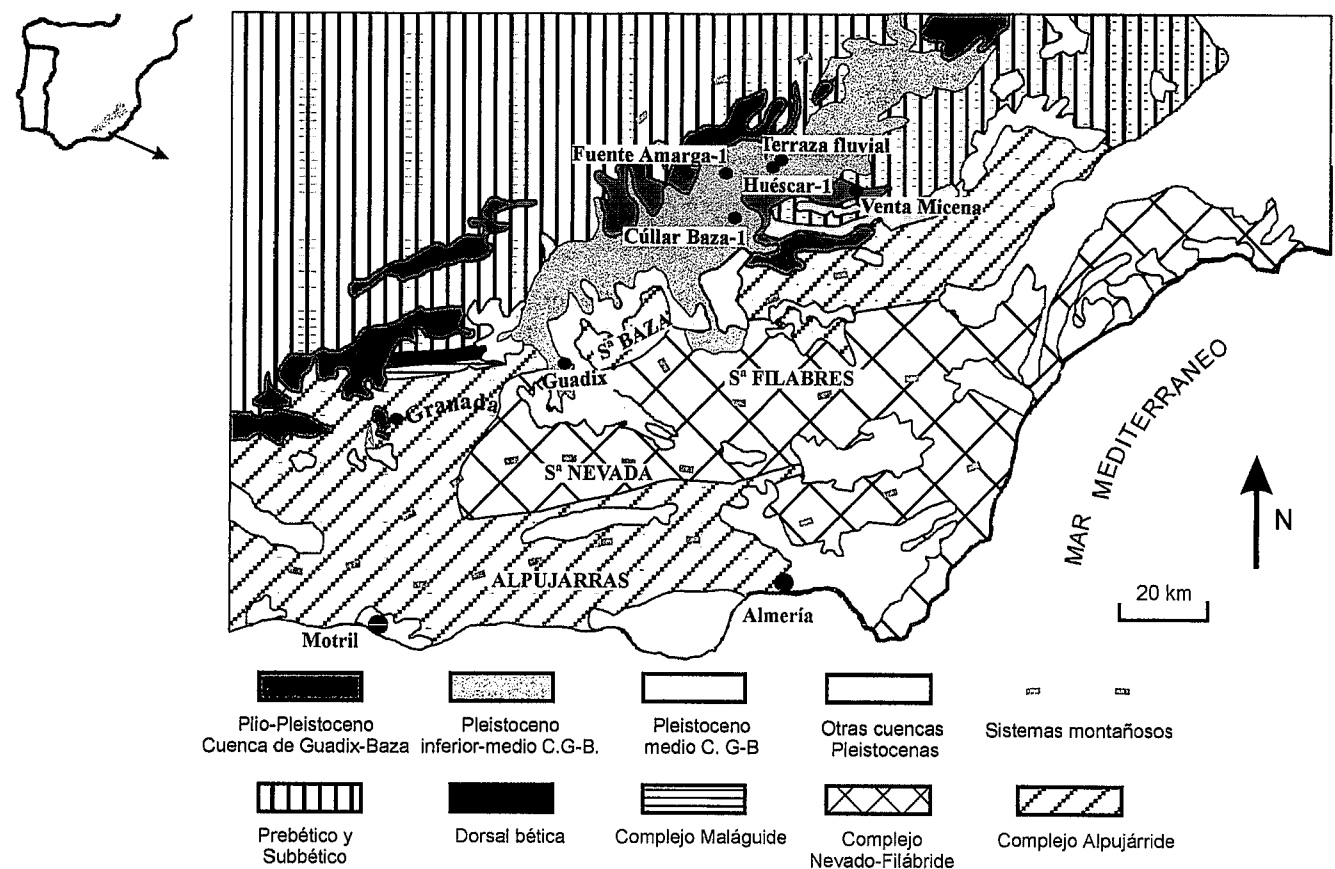


Fig. 1.- Localización geográfica de los yacimientos paleontológicos de Fuente Amarga-1, Cúllar Baza-1, Huéscar-1 y Venta Micena y de la terraza fluvial.

Fig. 1.- Geographical setting of the fluvial terrace and Fuente Amarga-1, Cúllar Baza-1, Huéscar-1 and Venta Micena palaeontological sites.

de los aminoácidos y la edad correspondiente para gasterópodos.
 $A/I_{\text{equivalente}} = 0,47977 + 0,59119 \times A/I_{\text{ostrácodos}}$
 $r = 0,997, p = 0,000 (n = 3)$
 $LEU_{\text{equivalente}} = 0,32007 + 0,67525 \times LEU_{\text{ostrácodos}}$
 $r = 0,999, p = 0,000 (n = 3)$

Estos avances en el método de racemización de aminoácidos han permitido precisar la edad de tres localidades paleontológicas (Fuente Amarga-1, Cúllar-Baza-1 y Venta Micena) de la cuenca de Guadix-Baza (Granada) y aportar, por primera vez, la edad del yacimiento de Huéscar-1 y de una terraza fluvial, situada en las proximidades de Huéscar y depositada cuando se había iniciado la incisión de la cuenca, posiblemente ligada a un levantamiento local del anticlinal de Botardo cuyo núcleo lo constituyen materiales plásticos en facies Keuper.

Los yacimientos de Fuente Amarga-1, Cúllar-Baza-1, Huéscar-1 y Venta Micena y terraza fluvial próxima a Huéscar

Los yacimientos paleontológicos de Fuente Amarga-1 (X= 536,4; Y= 4180,0;

Z= 880), Cúllar Baza-1 (X=538,5; Y=4158,2; Z=940), Huéscar-1 (X=543,8; Y= 4183,6; Z=950) y Venta Micena (X=552,2; Y= 4167,7; Z=960) y la terraza fluvial cercana a Huéscar (X= 543,9; Y= 4184,0; Z= 975) se sitúan en la cuenca de Guadix-Baza (sector de Cúllar-Baza), en el extremo nororiental provincia de Granada (Fig 1). Es una cuenca intramontañosa rellena por materiales de origen fluvio-lacustre del Plioceno y Cuaternario, enmarcada en el sector central de las Cordilleras Béticas. Presenta la característica excepcional de ser una de las pocas zonas de Europa y la única de España en la que ha existido sedimentación "continua" durante casi todo el Cuaternario, caracterizado, generalmente, por el dominio de condiciones erosivas.
Desde el punto de vista sedimentológico la cuenca siguió un modelo deposicional centrípeto, es decir, había abanicos aluviales en los bordes, asociados a frentes montañosos y con un sistema de canales que iban a desembocar a un sistema central de pequeños lagos salinos dispuestos en mosaico.
La sedimentación continuó hasta la parte más alta del Pleistoceno medio. Al

final del Pleistoceno medio la cuenca, quedó colmatada. Posteriormente tuvo lugar el encajamiento de la red fluvial actual y el vaciado de la cuenca, depositándose, en algunos puntos, terrazas fluviales como la que aflora en las proximidades de Huéscar.

Estratigrafía/Paleontología de los yacimientos paleontológicos

Fuente Amarga-1
Doadrio y Casado (1989) encuentran restos de peces, Civis (1989) indica la presencia del ostrácodo *Cyprideis torosa* (Jones) y Robles (1989) determina los moluscos. Torres *et al.* (1995d) datan este yacimiento en 304 ± 23 aaka mediante el método de análisis de racemización de aminoácidos aplicado a gasterópodos.
Cúllar Baza-1
Su fauna de mamíferos ha sido estudiada por Ruiz Bustos y Michaux (1976), Alberdi *et al.* (1985, 1988, 1989), Agustí *et al.* (1985), Agustí (1986) y Alberdi y Ruiz Bustos (1989). Barbadillo (1989) estudia los reptiles, Doadrio y Casado (1989) los peces, Jiménez-Fuentes y Mar-

tín (1989) los quelonios, Robles (1989) los moluscos y Civis (1989) los ostrácodos.

En base a la fauna encontrada por Ruiz Bustos y Michaux (1976) lo sitúan en el Pleistoceno medio. Alberdi *et al.* (1985) y Alberdi *et al.* (1988) lo sitúan en el Bihariense superior (0,73 Ma-0,90 Ma). Posteriormente Alberdi y Ruiz Bustos (1989) y Alberdi *et al.* (1989) incluyen este yacimiento en el Galerense (Pleistoceno medio). En Sesé (1989, 1991 y 1994), a partir de micromamíferos, le asigna una edad Pleistoceno medio. Vega (1989) describe hallazgos de industria lítica del comienzo del Paleolítico medio (700 a 600 ka). Torres *et al.* (1997a) datan este yacimiento aplicando el método de análisis de racemización de aminoácidos a gasterópodos en 441 ± 27 aarka.

Hués-car-1

Los mamíferos del yacimiento de Hués-car-1 ha sido estudiado por Mazo *et al.* (1985), Alberdi *et al.* (1985, 1989), Alberdi y Ruiz Bustos (1989), Alcalá y Morales (1989), Azanza y Morales (1989), Cerdeño (1989), Mazo (1989a, 1989b), Sesé (1989, 1991, 1994). Jiménez-Fuentes (1989) estudia los quelonios, Sánchez Marco (1989) las aves, Doadrio y Casado (1989) los peces, Robles (1989) los moluscos y Civis (1989) los ostrácodos.

Mazo *et al.* (1985) lo sitúan en la parte inferior del Pleistoceno medio. Alberdi *et al.* (1985) y Alberdi *et al.* (1989) lo datan como Pleistoceno medio. En Sesé (1991) se situó en el Pleistoceno inferior-medio y la síntesis de Sesé (1994) se indica una edad Pleistoceno inferior.

Venta Micena

Los yacimientos de Venta Micena-1 y Venta Micena-2 se descubren en 1976 por Gibert, Sánchez y Agustí. El primero es un nivel de lutitas negras situado medio metro por debajo de Venta Micena-2 (Agustí, 1987).

La primera referencia aparece en la tesis doctoral de Peña (1979) asignándole una edad de Pleistoceno medio. Posteriormente, numerosos autores han publicado trabajos sobre la fauna y edad de este yacimiento: Moyà Solà *et al.* (1981), Gibert *et al.* (1983, 1989a, 1989b, 1989c), Agustí *et al.* (1984, 1986, 1987a, 1987b), Torres (1984, 1992), Alberdi y Ruiz Bustos (1985 y 1989), Alberdi *et al.* (1985, 1988, 1989), Moyà Solà (1987), Agustí (1987), Santafe-Llopis *et al.* (1987), Marín (1987), Félix y Montori (1987), Menéndez (1987), Mazo (1989a), Campillo (1989) y García Olivares *et al.* (1989), Martínez Navarro (1992), Ruiz Bustos (1993), Sesé (1994), Martínez y Palmqvist (1994, 1995a y 1995b), Gibert

et al. (1995) y Torres *et al.* (1997a).

Moyà Solà *et al.* (1981) lo sitúan cronológicamente entre los yacimientos de Sinzelles (1,3 Ma) y Le Vallonet (0,9 Ma). Alberdi *et al.* (1985) le asignan una edad Bihariense inferior (1,3 Ma).

Agustí *et al.* (1987b), le asigna una edad Bihariense. Moyà Solà (1987) indican una edad Pleistoceno inferior, entre 0,9 y 1,4 Ma posterior al Villafraniense superior. En la síntesis de Alberdi *et al.* (1988) le asignan una edad límite entre el Bihariense inferior y el Villafraniense (entre 1,3 y 1,92 Ma). Alberdi *et al.* (1989) asignan al este yacimiento una edad Pleistoceno límite medio-inferior (Villafraniense). Martínez Navarro (1992) lo sitúa en la base del Pleistoceno inferior. Sesé (1994) lo data como Pleistoceno inferior. Gibert *et al.* (1995) le atribuyen una edad algo superior al cron Olduvai. Torres *et al.* (1997a) datan este yacimiento aplicando el método de análisis de racemización de aminoácidos a gasterópodos en 983 ± 83 aarka.

Metodología

Para la datación se emplearon gasterópodos de todos los yacimientos y ostrácodos de tres (Cúllar-Baza-1, Hués-car-1 y Venta Micena). Los ostrácodos son un material idóneo para la aplicación del método debido a la excelente preservación de aminoácidos en las conchas que sea y dado que son necesarios 0,030 gramos para poder realizar, al menos, dos análisis (1.500 a 2.000 ostrácodos). Disminuye el error de la muestra.

Las muestras se prepararon de acuerdo con el método propuesto por Goodfriend (1991) y Goodfriend y Meyer (1991) recogido ampliamente en Torres *et al.* (1997a) que consiste en hidrólisis, derivatización y análisis en un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 5890 A (II) con inyector automático HP 6850, columna Chirasil L-Val de 25 m de longitud y detector NPD. El análisis de los picos se llevó a cabo en el programa PEAK 96 (HP).

Resultados

El estudio de las muestras reveló la presencia de numerosos gasterópodos en todos los yacimientos y ostrácodos de la especie *Cyprideis torosa* (Jones) en Cúllar Baza-1 y del género *Ilyocypris* en Hués-car-1 y Venta Micena. En Fuente Amarga-1 los gasterópodos determinados fueron *Helix* sp. y *Lymnaea* sp., en Cúllar Baza-1 y en Hués-car-1 fueron *Helix* sp., mientras que en Venta Micena se encon-

Localidades	Edades	n	m	med	dev. std.	dev. típ.
Fuente Amarga-1	Edad (D/L LEU)	12	381	357	49	14
	Edad (D/L A/T)	13	297	273	70	19
Cúllar Baza-1	Edad	25	337	349	74	15
	Edad (D/L LEU)	18	553	533	58	14
Hués-car-1	Edad (D/L A/T)	16	362	362	104	26
	Edad	35	476	513	144	24
Venta Micena	Edad (D/L LEU)	3	548	541	152	88
	Edad (D/L A/T)	1	321	-	-	-
Terraza fluvial de Hués-car	Edad	4	491	470	168	84
	Edad (D/L LEU)	3	1159	1263	217	125
	Edad (D/L A/T)	11	1078	985	211	64
	Edad	14	1095	1066	206	55
	Edad (D/L LEU)	2	280	280	58	41
	Edad (D/L A/T)	1	157	-	-	-
	Edad	3	239	239	82	47

Tabla 1.- Cálculo de edad (aarka) de los yacimientos paleontológicos de Fuente Amarga-1, Cúllar Baza-1, Hués-car-1, Venta Micena y de la terraza fluvial de Hués-car canal partir de los ratios D/L de la leucina y la allo/iso-leucina. n: número de muestras, m: media, med: mediana, dev. std: desviación estándar, dev. típ: desviación típica.

Table 1.- Age calculation (aarky) of Fuente Amarga-1, Cúllar Baza-1, Hués-car-1 and Venta Micena palaeontological sites and the fluvial terrace of "Hués-car canal" from leucine and allo/iso-leucine D/L ratios. n: number of samples, m: mean, med: median, dev. std: standard deviation, dev. típ: mean deviation.

traron *Radix*-sp., *Helix* sp. y fragmentos indeterminados. En la terraza fluvial próxima a la localidad de Hués-car no se observaron ostrácodos pero sí los gasterópodos *Lymnaea* sp. y *Potamides* sp.

A partir de los ratios equivalentes de la leucina (LEU) y allo/iso-leucina (A/T) de los ostrácodos y de los ratios de los gasterópodos y empleando los nuevos algoritmos matemáticos calculados se obtuvo la edad para cada una de las muestras analizadas (Tab. 1):

Fuente Amarga-1: 337 ± 15 aarka

Cúllar-Baza-1: 476 ± 24 aarka

Hués-car-1: 491 ± 84 aarka

Venta Micena: 1095 ± 55 aarka

Terraza fluvial cercana a Hués-car: 239 ± 47 aarka

Conclusiones

El método de racemización de aminoácidos ha permitido corroborar la atribución de las localidades de Fuente Amarga-1, Cúllar Baza-1 y Hués-car-1 al Pleistoceno medio mientras que Venta Micena se incluye en el Pleistoceno inferior. Las edades numéricas aar proporcionadas son similares a las obtenidas por Torres *et al.* (1997a) y Torres *et al.* (1995d), lo que indica la gran robustez matemática de los modelos propuestos y se incluye la primera datación numérica del yacimiento de Hués-car-1.

Los procesos erosivos que afectaron a la cuenca fueron inmediatamente posteriores al término de la sedimentación como se demuestra después de haber data-do en 239 ± 47 aarka una terraza fluvial.

Referencias

- Alcalá, L. y Morales, J. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 215-224.
- Agustí, J. (1986): *Geobios* 19, fasc. 4: 505-510.
- Agustí, J. (1987): *Paleont i Evol.* Memoria especial núm. 1: 3-9.
- Agustí, J., Anadón, P., Gibert, J., Julià, R., Martín-Suárez, E., Menéndez, E., Moyà-Solà, S., Pons-Moyà, J., Rivas, P. y Toro, I. (1984): *Paleont. i Evol.*, 18: 19-37.
- Agustí, J., Gibert, J., Moyà-Solà, S. y Vera, J.A. (1985): *VIII Congr. Reg. Com. Medit. Neog. Strat., Budapest*: 50-52.
- Agustí, J., Moyà-Solà, S. y Pons-Moyà, J. (1986): *Geol. Romana*, 25: 33-62.
- Agustí, J., Moyà-Solà, S., Martín-Suárez, E. y Marín, M. (1987a): *Paleont. i Evol.* Memoria especial núm. 1: 73-86.
- Agustí, J., Arbiol, S. y Martín-Suárez, E. (1987b): *Paleont. i Evol.*, Memoria especial núm. 1: 95-107.
- Alberdi M.T. y Ruiz-Bustos, A. (1985): *Estudios Geol.*, 41: 251-261.
- Alberdi, M.T. y Ruiz-Bustos, A. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 239-272.
- Alberdi, M.T., Mazo, A.V., Morales, J., Ruiz-Bustos, A., Sesé, C., Cerdeño, E., Hernanz, E. y Soto, E. (1985): *VIII Congr. Reg. Com. Medit. Neog. Strat., Budapest*: 57-59.
- Alberdi, M.T., Alonso-Diago, M.A., Cerdeño, E., Mazo, A.V., Morales, J. y Sesé, C. (1988): *II Congr. Geol. Esp. SGE, Granada*, vol. 1: 245-248.
- Alberdi, M.T., Alcalá, L., Azanza, B., Cerdeño, E., Mazo, A.V., Morales, J. y Sesé, C. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 347-355.
- Azanza, B. y Morales, J. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 289-316.
- Azzaroli, A. (1979): *Paleontographia Italica*, vol 71: 22-47.
- Barbadillo, L.J. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 151-166.
- Campillo, D. (1989): In: Gibert, J., Campillo, D. y García Olivares, E. (eds.) *Los restos humanos de Orce y Cueva Victoria*: 187-200.
- Cerdeño, E. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 273-288.
- Civis, J. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 119-125.
- Doadrio, I. y Casado, P. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 139-150.
- Felix, J. y Montori, A. (1987): *Paleont. i Evol.* Memoria especial núm. 1: 283-286.
- García Olivares, E., Gallerdo-Galera, J.M., Martínez-López, F., Borja, C. y García-Olivares, D. (1989): En Gibert, J., Campillo, D. y García-Olivares, E. (Eds): *Los restos humanos de Orce y Cueva Victoria*: 225-228.
- Gibert, J., Agustí, J. y Moyà-Solà, S. (1983): *Paleont. i Evol.*. Publicacion especial, 12 pp.
- Gibert, J., Ribot, F., Ferrández, C., Martínez Navarro, B. y Ruiz, C. (1989a): En Gibert, J., Campillo, D. y García Olivares, E. (eds.): *Los restos humanos de Orce y Cueva Victoria*: 31-108.
- Gibert, J., Ribot, F., Ferrández, C., Martínez Navarro, B., Caporicci, R. y Campillo, D. (1989b): *Human Evolution*, 4: 283-305.
- Gibert, J., Ribot, F., Ferrández, C., Martínez Navarro, B. y Caporicci, R. (1989c): *Estudios Geol.*, 45: 121-138.
- Gibert, L., Gibert, J., Albadalejo, S. y Maestro, E. (1995): *Congr. Int. Paleont. Hum., Orce (Granada)*: 110-114.
- Goodfriend, G.A. (1991): *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol 55: 293-302.
- Goodfriend, G.A. y Meyer, V. (1991): *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol 55: 3355-3367.
- Jiménez-Fuentes, E. y Martín de Jesús, S. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 167-174.
- Marín, M^a (1987): *Paleont. i Evol.* Memoria especial núm. 1: 255-281.
- Martínez Navarro, B. (1992): En Gibert, J. (Ed): *Presencia humana en el Pleistoceno inferior de Granada y Murcia. Proyecto Orce-Cueva Victoria (1988-1992)*: 21-85.
- Martínez Navarro y Palmqvist, P. (1994): *X Jornadas de Paleontología*: 130-133.
- Martínez Navarro, B. y Palmqvist, P. (1995a): *Jour. Arch. Sci.* 22: 569-582.
- Martínez Navarro, B. y Palmqvist, P. (1995b): *Congr. Int. Paleont. Hum., Orce (Granada)*: 45-46.
- Mazo, A. (1989a): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 225-238.
- Mazo, A. (1989b): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 317-326.
- Mazo, A., Sesé, C., Ruiz-Bustos, A. y Peña, J.A. (1985): *Estudios Geol.*, 41: 467-493.
- Menéndez, E. (1987): *Paleont. i Evol.* Memoria especial núm. 1: 129-181.
- Moyà-Solà, S., Agustí, J., Gibert, J. y Pons-Moyà J. (1981): *Paleont. i Evol.*, XVI: 39-53.
- Moyà-Solà, S. (1987): *Paleont. i Evol.* Memoria especial núm. 1: 181-236.
- Ortiz, J.E. (2000): *Tesis Doctoral*, Univ. Politécnica de Madrid, 563 pp
- Peña, J.A. (1979): *Tesis Doctoral*. Univ. de Granada, 160 pp.
- Robles, F. (1989). *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 127-138.
- Ruiz Bustos, A. (1976): *Tesis Doctoral*. Univ. Granada.
- Ruiz-Bustos, A. y Michaux, J.J. (1976): *Geol. Méditerr.*, 3 (3): 173-182.
- Ruiz Bustos, A. (1993): *IX Jornadas de Paleontología*: 60-64.
- Sánchez Marco, A. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 175-184.
- Sesé, C. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 185-214.
- Sesé (1991): *Estudios Geol.*, 47: 73-83.
- Sesé, C. (1994): *Geobios*, 27, 6: 753-767.
- Santafe-Llopis, J.V. y Casanovas-Cladellas, M^a. L. (1987): *Paleont. i Evol.* Memoria especial núm. 1: 237-254.
- Torres, T. (1984): *Tesis Doctoral*. Univ. Politécnica de Madrid. 563 pp.
- Torres, T. (1992): En Gibert, J. (Ed): *Presencia humana en el Pleistoceno inferior de Granada y Murcia. Proyecto Orce-Cueva Victoria (1988-1992)*: 87-106.
- Torres T. Canoira L. T. Cobo R. García, P. García Cortés A. Juliá R. Llamas J. Hoyos M. y Meyer V. (1994a): *Geogaceta* 17: 102-105.
- Torres T., Llamas F.J., Canoira, L., García-Alonso, P., García-Cortés A. y Mansilla H. (1994b): *17Th. Int. Meet. Org. Geochem.*, San Sebastián: 722-723.
- Torres T. Canoira L. Cobo R. Coello F.J. García-Alonso P. García-Cortés A. Hoyos M. Llamas J. Soler V. y Valle M. (1995a): *Geogaceta* 18: 56-58.
- Torres T. Canoira L. Coello F.J. García-Alonso P. García-Cortés A. Grün R. Hoyos M. Juliá R. Llamas J. Meyer V. Soler V. y Valle M. (1995b): En A. Pérez-González y T. Aleixandre (Eds): *Reconstrucción de paleoambientes y cambios climáticos durante el Cuaternario*, CSIC: 113-124.
- Torres T. Canoira L. Coello F.J. García-Alonso P. García-Cortés A. Llamas J. Mansilla H. Nestares T. Peláez A. y Somoza L. (1995c): *Geogaceta* 19: 150-153.
- Torres, T., Canoira, L., Coello, J., García-Alonso, P. y Llamas, J. (1995d): *Proyecto MAGNA (Ingemisa)*, 57 pp (inédito).
- Torres T. Llamas J. Canoira L. García-Alonso P. García-Cortés A. y Mansilla H. (1997a): *Organic Geochemistry* 26: 85-97.
- Torres T., García-Alonso P., Llamas F.J. y Canoira L. (1997b): *IV Congr. Esp. Geoquím.*: 297-305.
- Torres, T., Llamas, J.F., Canoira, L., Coello, F.J., García-Alonso, P. y Ortiz, J.E. (en prensa). En: Goodfriend, G.A., Collins, M.J., Fogel, M.L., Macko, S.A. y Wehmiller, J.F.: *Perspectives in Amino Acids and Protein Geochemistry*.
- Vega Toscano, L.G. (1989): *Trabajos Neóg.-Cuat.*, 11: 327-346.
- Wehmiller J.F. (1984): *Relative and absolute dating of Quaternary molluscs with amino acid racemization. Evaluation, application, questions in Quaternary dating methods*: 171-193. Elsevier-Amsterdam.